

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-290084

(43)Date of publication of application : 29.11.1990

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01L 21/208

(21)Application number : 01-052302

(22)Date of filing : 03.03.1989

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(72)Inventor : NIINA TATSUHIKO  
OTA KIYOSHI  
NAKADA TOSHITAKE  
MATSUSHITA YASUHIKO  
KAMIYA TAKAHIRO  
FUJIKAWA YOSHIHARU

(30)Priority

Priority number : 63121052

64 15711

64 34282

Priority date : 18.05.1988

25.01.1989

14.02.1989

Priority country : JP

JP

JP

BEST AVAILABLE COPY

## (54) SILICON CARBIDE LIGHT EMITTING DIODE DEVICE AND MANUFACTURE OF SILICON CARBIDE SINGLE CRYSTAL

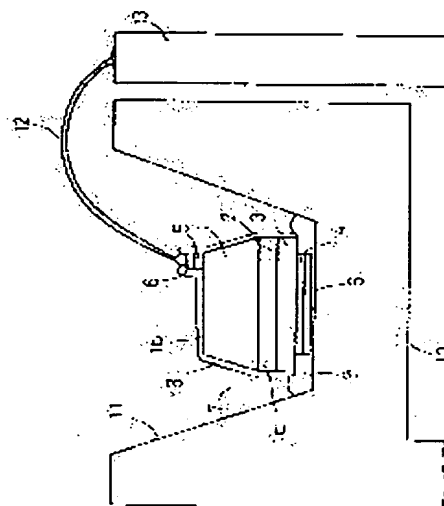
(57)Abstract:

PURPOSE: To contrive high brightness by using a face which has an inclination from a face (0001) or (0001) to the crystal growth face of a substrate.

CONSTITUTION: A substrate 1 consisting of an n-type SiC is equipped with one principal face 1a and the other principal face 1b and, especially, its principal face 1a chooses a face (0001) in which the disposition of C forms the surface of its substrate or a face (0001) in which the disposition of Si forms the surface of the substrate and its substrate uses each face which has an inclination from the face (0001) or (0001).

An LED 7 is manufactured by using the preceding substrate 1. A p-type ohmic electrode 4 is disposed at a center of the surface of a p-type SiC layer 3; besides, it is provided partially to the surface of the layer 3.

Then, an n-type ohmic electrode 5 is disposed at a position slid from the surface center of the substrate 1; besides, it is provided partially to the surface of the substrate 1. As an n-type SiC layer that is superior in crystallization is formed by using a crystal growth face of the above mentioned substrate 1, much impurities are added without destroying crystallization and the formation of the SiC layer makes the intensity of emitted light high. Further, a light is taken out to the outside efficiently by disposing the electrodes 4 and 5 in the manner described above.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-290084

⑬ Int. Cl.<sup>9</sup>

H 01 L 33/00  
21/208  
33/00

識別記号

A  
D  
N

庁内整理番号

7733-5F  
7630-5F  
7733-5F

⑬ 公開 平成2年(1990)11月29日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全9頁)

⑭ 発明の名称 炭化ケイ素発光ダイオード装置及び炭化ケイ素単結晶の製造方法

⑮ 特 願 平1-52302

⑯ 出 願 平1(1989)3月3日

優先権主張 ⑰ 昭63(1988)5月18日 ⑱ 日本(JP) ⑲ 特願 昭63-121052

⑳ 平1(1989)1月25日 ㉑ 日本(JP) ㉒ 特願 平1-15711

㉓ 平1(1989)2月14日 ㉔ 日本(JP) ㉕ 特願 平1-34282

⑳ 発 明 者	新 名	達 彦	大阪府守口市京阪本通2丁目18番地	三洋電機株式会社内
㉑ 発 明 者	太 田	潔	大阪府守口市京阪本通2丁目18番地	三洋電機株式会社内
㉒ 発 明 者	中 田	俊 武	大阪府守口市京阪本通2丁目18番地	三洋電機株式会社内
㉓ 発 明 者	松 下	保 彦	大阪府守口市京阪本通2丁目18番地	三洋電機株式会社内
㉔ 発 明 者	上 谷	高 弘	大阪府守口市京阪本通2丁目18番地	三洋電機株式会社内
㉕ 発 明 者	藤 川	好 晴	大阪府守口市京阪本通2丁目18番地	三洋電機株式会社内
㉖ 出 願 人	三洋電機株式会社		大阪府守口市京阪本通2丁目18番地	
㉗ 代 理 人	弁理士 西野 卓嗣		外2名	

明 細 書

1. 発明の名称

炭化ケイ素発光ダイオード装置及び  
炭化ケイ素単結晶の製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) n型炭化ケイ素基板の一主面上に炭化ケイ素からなるn型層及びp型層がこの順序で積層され、上記n型基板の他主面上及び上記p型層上に夫々n型オーミック電極及びp型オーミック電極が形成された炭化ケイ素発光ダイオード素子と、当該発光ダイオード素子を載置固着するシステムと、を備えた炭化ケイ素発光ダイオード装置において、上記n型基板の結晶成長面には(0001)面又は(0001)面から傾斜した面が用いられており、上記n型オーミック電極及びp型オーミック電極は、各炭化ケイ素表面に対して部分的に形成されており、上記発光ダイオード素子は上記p型層表面を底辺とし、上記n型基板の他主面を上辺とする略断面台形状を成していると共に、当該p型層側で上記システムに固着されていることを特徴とする炭化ケイ素発光ダイオード装置。

る炭化ケイ素発光ダイオード装置。

(2) 上記n型基板の結晶成長面には(0001)面から傾斜した面が用いられることを特徴とする請求項1記載の炭化ケイ素発光ダイオード装置。

(3) 上記n型基板は $1.0\Omega\text{cm}$ 以下の比抵抗を有すると共に、上記n型オーミック電極は上記n型基板の他主面の隅に配されていることを特徴とする請求項1記載の炭化ケイ素発光ダイオード装置。

(4) グラファイトからなるるつぼ内のケイ素融液中にAおよびNを添加し、該融液中に炭化ケイ素単結晶基板を浸漬して、前記基板上に炭化ケイ素単結晶からなるn型層を液相エピタキシャル成長させる炭化ケイ素単結晶の製造方法において、前記ケイ素融液中に添加するAの添加量を、ケイ素融液中にAのみを添加したとき得られる炭化ケイ素単結晶のキャリア濃度が $5.5 \times 10^{14} \sim 6 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ となる範囲に設定すると共に、前記ケイ素融液中に添加するNの添加量を、ケイ素融液中にNのみを添加したとき得られる炭化ケイ素

単結晶のキャリア濃度が  $7 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  となる範囲に設定し、且つ成長温度を  $1650 \sim 1800^\circ\text{C}$  とすることを特徴とする炭化ケイ素単結晶の製造方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (イ) 産業上の利用分野

本発明は青色発光可能な炭化ケイ素発光ダイオード装置及び炭化ケイ素単結晶の製造方法に関する。

#### (ロ) 従来の技術

一般に、炭化ケイ素[SiC]は、耐熱性および機械的強度に優れ、放射線に対して強いなどの物理的、化学的性質から耐環境性半導体材料として注目されており、しかもSiC結晶には同一の化学組成に対して立方、六方などの種々の結晶構造が存在し、その禁制帯幅は2.39～3.33eVと広範囲にわたるとともに、pn接合の形成が可能であることから、赤色から青色までのすべての波長範囲の可視光を発する発光ダイオード材料として有望視され、なかでも室温において約3eVの禁制

帯幅を有する6H型のSiC結晶は、青色発光ダイオードの材料として用いられている。

そして、通常SiC単結晶の成長は液相エピタキシャル成長法の一つであるディップ法により行なわれ、たとえば日刊工業新聞社発行の雑誌「電子技術」第26巻、第14号の頁128～129に記載のような装置が用いられている。すなわち、この装置は第4図に示すように構成されており、グラファイトからなるるつぼ(16)内にケイ素[Si]が充填され、不活性ガス雰囲気中においてるつぼ(16)の外側に巻装された高周波誘導加熱コイル(図示せず)によりるつぼ(16)が加熱されてSi融液(17)が形成され、グラファイトからなる支持棒(18)の先端部に形成されたV字状の切込み(19)に6H型のSiC単結晶基板(20)が装着、固定され、基板(20)が支持棒(18)ごとSi融液(17)中に一定時間浸漬され、基板(20)の表面に6H型のSiC単結晶が成長する。

斯るSiC単結晶の成長は、Si融液(17)に、加熱されたるるつぼ(16)から炭素[C]が少量溶け込

-3-

み、Si融液(17)の対流によって基板(20)の表面近辺に運ばれてSiと反応することによって行われる。

また結晶成長中、支持棒(18)が第1図中の矢印のように回転されて基板(20)が定位置で回転され、成長層の均一化が図られる。

なお、n型層の成長の際には、ドナー不純物として炭化ケイ素[Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>]がSi融液(17)に添加されるとともに、発光センターとなる少量のアルミニウム[Al]が添加され、p型層の成長の際には、アクセプタ不純物としてAlが添加される。

また従来のSiC発光ダイオードは、先述の電子技術、第26巻、第14号、P.128～P.129に示されているように、n型SiC基板の一主面上に、不純物濃度の制御されたn型層、p型層を順次積層し、p型層表面にAl/Si電極を、n型基板の他主面にAu/Ni電極をそれぞれ形成したものである。

#### (ハ) 発明が解決しようとする課題

しかし乍ら、発光材料であるSiCは間接遷移

-4-

型のエネルギーバンド構造を持つため直接遷移型の発光材料に比べ発光効率が低い。このためSiC発光ダイオードは他の材料からなる発光ダイオードよりも発光強度の弱いものしか得られなかった。

したがって、本発明は高輝度化が図れるSiC発光ダイオード装置及び炭化ケイ素単結晶の製造方法を提供することを技術的課題とする。

#### (ニ) 課題を解決するための手段

本発明は、n型炭化ケイ素基板の一主面上に炭化ケイ素からなるn型層及びp型層がこの順序で積層され、上記n型基板の他主面上及び上記p型層上に夫々n型オーミック電極及びp型オーミック電極が形成された炭化ケイ素発光ダイオード素子と、当該発光ダイオード素子を載置固着するシステムと、を備えた炭化ケイ素発光ダイオード装置であって、上記課題を解決するため、上記n型基板の結晶成長面には(0001)面又は(000 $\bar{1}$ )面から傾斜した面が用いられており、上記n型オーミック電極及びp型オーミック電極は、各炭化ケイ素の

-5-

—648—

-6-

他主面に対して部分的に形成されており、上記発光ダイオード素子は上記p型層表面を底辺とし、上記n型基板表面を上辺とする略断面台形状を成していると共に、当該p型層側で上記システムに固着されていることを特徴とする。

より好適な本発明は、上述の構成において、n型基板の結晶成長面に(000 $\bar{1}$ )面を用いることを特徴とする。

また本発明は、上述の構成において、n型基板が $1.0\Omega\text{cm}$ 以下の比抵抗を有すると共に、n型オーミック電極がn型基板の他主面の隅に配されていることを特徴とする。

さらに本発明は、グラファイトからなるるつば内のケイ素融液中にA $\ell$ およびNを添加し、該融液中に炭化ケイ素単結晶基板を浸漬して、前記基板上に炭化ケイ素単結晶からなるn型層を液相エピタキシャル成長させる炭化ケイ素単結晶の製造方法において、前記ケイ素融液中に添加するA $\ell$ の添加量を、ケイ素融液中にA $\ell$ のみを添加したとき得られる炭化ケイ素単結晶のキャリア濃度が

$5.5 \times 10^{19} \sim 6 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ となる範囲に設定すると共に、前記ケイ素融液中に添加するNの添加量を、ケイ素融液中にNのみを添加したとき得られる炭化ケイ素単結晶のキャリア濃度が $7 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ となる範囲に設定し、且つ成長温度を $1650 \sim 1800^\circ\text{C}$ とすることを特徴とする。

#### (ホ) 作用

本発明装置は、基板の結晶成長面に(000 $\bar{1}$ )面又は(0001)面から傾斜した面を用い、n型オーミック電極及びp型オーミック電極を各炭化ケイ素表面に対して夫々部分的に形成し、発光ダイオード素子を、p型層表面が広面積となる略断面台形状とすると共にp型層側でシステムに固着することによって、高輝度の青色光が得られる。

#### (ヘ) 実施例

第1図に本発明装置の一実施例を示す。図において、(7)は発光ダイオード素子を示し、断る素子の構成として、(1)はn型SiC(シリコンカーバイド)からなる基板、(2)及び(3)は夫々基板(1)の一主面(1a)上にエピタキシャル成長さ

-7-

れたn型SiC層及びp型SiC層を示す。

発光ダイオード素子(7)は $50 \sim 100\mu\text{m}$ の厚みを有し、例えばn型SiC基板(1)表面を $260\mu\text{m} \times 260\mu\text{m}$ 、p型SiC層(3)表面を $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ として、p型SiC層(3)表面を底辺、n型SiC基板(1)表面を上辺とする略断面台形状をなしている。

基板(1)は $30 \sim 80\mu\text{m}$ の厚み、 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以上のキャリア濃度と、 $1.0\Omega\text{cm}$ 以下の比抵抗を有する。基板(1)は一主面(1a)と他主面(1b)を有するが、特に一主面(1a)としては、C(炭素)配列が表面となる(000 $\bar{1}$ )面又はSi(ケイ素)配列が表面となる(0001)面を選び、その面を $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方向あるいは $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ 方向に傾斜させたものである。

基板の一主面(1a)における上記傾斜角は、 $1 \sim 10^\circ$ 、好ましくは $3 \sim 10^\circ$ 、より好ましくは $3 \sim 7^\circ$ であり、本実施例では $5^\circ$ が採用されている。

第3図は基板(1)の一主面(1a)における(000 $\bar{1}$ )面からの傾斜角と、断る基板(1)を用いて製

造された発光ダイオード素子(7)の通電エージング前後の発光波長を示している。通電エージングは通電電流 $40\text{mA}$ 、通電時間50時間とした。また、ここで言う発光波長とは、通常複数のピーク波長を有するSiC発光ダイオード素子の光を人間の視覚で感じる1つの色の光として波長に換算したものである。同図から明らかな如く、傾斜角が $0^\circ$ のものは、傾斜させたものに比べ、通電エージング前における発光波長が長波長側に位置しており、通電エージング後の発光波長のシフト幅が大きくなっている。これはいずれも基板(1)上に形成される成長層に結晶欠陥が多く存在することに起因するものである。また通電エージングによる発光波長のシフト幅が、基板(1)の傾斜角の増加に伴い減少していくことから、基板(1)上に形成される成長層の結晶欠陥が減少し、結晶性が向上していることがわかる。ここで、傾斜角を $5^\circ$ 以上にした場合のシフト幅は、 $5^\circ$ の場合と同様であったので、図には省略してある。

この様に、傾斜角の選択は、その上にエピタキ

-9-

-10-

シャル成長される n 型 SiC 層(2)の結晶性の向上及び発光ダイオード素子(7)の発光波長の長波長化を抑えるのに極めて有効である。

また本発明装置における結晶成長面は(0001)面よりも(000 $\bar{1}$ )面からの傾斜面を用いるのがより好ましい。これは、(000 $\bar{1}$ )面からの傾斜面上に形成された成長層の表面に比して、(0001)面からの傾斜面上に形成された成長層の表面が波状に荒れること及び、結晶成長面に(000 $\bar{1}$ )面からの傾斜面を用いて製造された発光ダイオード素子の通電エージングによる発光波長のシフトが、(0001)面からの傾斜面を用いたものよりも小さくなることによる。

n 型 SiC 層(2)は 5~10 $\mu$ m の膜厚を有し、そのキャリア濃度は  $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、好ましくは  $2 \times 10^{17} \sim 3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、より好ましくは  $5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  である。但し、n 型 SiC 層(2)のキャリア濃度は、N のみを添加した時のキャリア(電子)濃度から、Al のみを添加した時のキャリア(正孔)濃度を差し引いた値となる。

-11-

p 型 SiC 層(3)は 5~10 $\mu$ m の膜厚を有し、そのキャリア濃度は  $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、好ましくは  $2 \times 10^{17} \sim 3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  である。

(4)は、p 型 SiC 層(3)表面の中心に配され、且つ p 型 SiC 層(3)表面に対して部分的に設けられた p 型オーミック電極で、p 型 SiC 層(3)側から見て Ti 膜、Al 膜、Ti 膜の積層構造からなり、 $7 \times 10^{-8} \sim 7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$  の面積を有する。ここで断る p 型オーミック電極(4)の電極面積は通常使用する 5~50mA の電流において、緑色光の混じらない良質な青色光を発生させるのに効果的である。即ち、発生波長は発光層(本実施例装置では n 型 SiC 層(2))の、発光に寄与する部分における電流密度によって変化することが知られている。また本実施例装置において、キャリア濃度が  $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  である p 型 SiC 層(3)は比抵抗が高く、p 型 SiC 層(3)内では電流はほとんど流がらないこと、及び n 型 SiC 層(2)と p 型オーミック電極(4)の距離が短いことから、n 型 SiC 層(2)の発光に

-13-

従って、n 型 SiC 層(2)の上記キャリア濃度を得るためには、N の添加量と Al の添加量の種々組合せが考えられるが、本発明における N 及び Al の添加量は、夫々単独で添加したときに得られるキャリア濃度に換算して次の様に決定すればよい。

n 型 SiC 層(2)の キャリア濃度 ( $\text{cm}^{-3}$ )	N を単独で添加し た時のキャリア濃度 ( $\text{cm}^{-3}$ )	Al を単独で添加し た時のキャリア濃度 ( $\text{cm}^{-3}$ )
$1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18}$	$7 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18}$	$5.5 \times 10^{18} \sim 6 \times 10^{17}$
$2 \times 10^{17} \sim 3 \times 10^{18}$	$7 \times 10^{17} \sim 3 \times 10^{18}$	$5.5 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{17}$
$5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18}$	$7.2 \times 10^{17}$ $\sim 1.0 \times 10^{18}$	$5.5 \times 10^{18}$ $\sim 2.6 \times 10^{17}$

本実施例においては、前述の如く、結晶成長面に(000 $\bar{1}$ )面又は(0001)面から傾斜した面を用いることによって、この上に形成される n 型 SiC 層(2)の結晶性が向上する。したがって結晶性を損うことなく、従来よりも不純物を多く添加することができる。その結果、発光中心となるドナー・アクセプタ対が増加し、発光強度が高くなる。

-12-

寄与する部分を流れる電流密度は、p 型 SiC 層(3)の大きさに関係せず、p 型 SiC 層(3)内の電流密度、即ち注入電流の大きさと p 型オーミック電極(4)の面積によって決まる。本発明者らが注入電流と電極面積を種々変えて実験した結果、電流 5~50mA の間では電極面積を  $7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$  以下としたとき緑色光の混じらない良質な青色光が得られた。しかし、電極面積が  $7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$  よりも小さくなると電流集率が大きくなり、素子劣化が激しくなるため、素子の信頼性が低下する。したがって p 型オーミック電極(4)の電極面積は、 $7 \times 10^{-8} \sim 7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$  が適当である。

(5)は n 型 SiC 基板(1)表面の中心からずれた位置に配され、且つ n 型 SiC 基板(1)表面に対して部分的に設けられた n 型オーミック電極で、n 型 SiC 基板(1)側から見て、Ni 膜、Pd 膜の積層構造をなす。

(6)、(8)は夫々 p 型オーミック電極(4)、n 型オーミック電極(5)上に設けられたボンディング電極で、各オーミック電極からみて、Ti 膜、

-14-

Pd膜、Au膜の積層構造をなす。

(8)はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜又はSiO<sub>2</sub>膜からなる保護膜で、発光ダイオード素子(7)のn型SiC基板(1)表面及び側面に被着される。(9)は銀ペースト、(10)は発光ダイオード素子(7)を載置する第1ステムである。第1ステム(10)は発光ダイオード素子(7)を囲繞する反射部(11)を有する。発光ダイオード素子(7)は銀ペースト(9)を介してp型SiC層(3)側で第1ステム(10)に固着される。

このような素子配置は次の理由による。n型SiC層(2)での発光領域がp型オーミック電極(4)と対応する部分となるため、p型SiC層(3)側を上にして固着すると上に向かう光はp型オーミック電極(4)によって遮られ、素子上部から取り出せない。また、n型SiC基板(1)の光透過率はp型SiC層(3)に比して高い。更に、基板(1)の比抵抗は1Ωcm以下と低く、電流が流れ易いため、n型オーミック電極(5)を基板(1)の他主面(1b)の隅に配置でき、放射光に対し、実

質的に遮蔽体とならない。さらに本発明装置では発光ダイオード素子(7)を、底面が広面積となる略断面台形状としているので、n型SiC層(2)で発光し、n型SiC基板(1)を透って素子側面に向う光は、素子側面に対する入射角が大きくなるため、内部反射が減少し、効率良く素子外部に取り出される。

(12)は金ワイヤ、(13)は第2ステムで、第2ステム(13)は金ワイヤ(12)を介して、n型オーミック電極(5)上のボンディング電極(8)に電気的に接続される。(14)は発光ダイオード素子(7)及び第1、第2ステム(10)、(13)の一部を覆う、エポキシ樹脂系の透明樹脂モールドである。

次に、本実施例装置の製造方法の一例を第2図を参照して説明する。

第2図(a)は第1工程を示し、(0001)面又は(0001)面を有する、厚さ350~500μmのn型SiC基板(1)を準備する。そして断るSiC基板(1)の(0001)面又は(0001)面を<1120>方向あるいは<1010>方向に研磨し、1~10°傾斜させる。しかる

-15-

-16-

後、断る傾斜面を、その研磨損傷除去のために400~500℃のKOH融液あるいは1500~1800℃のH<sub>2</sub>雰囲気中でエッチング処理する。得られた傾斜面は基板(1)の一主面(1a)となる。

第2図(b)は第2工程を示し、上記一主面(1a)上に第4図に示す装置を用い、各層の成長温度を1500~1800℃好ましくは1650~1800℃、例えば1700℃でn型SiC層(2)、p型SiC層(3)を順次液相エピタキシャル成長する。この時、n型SiC層(2)やp型SiC層(3)を成長する際にSi融液(17)中に添加される不純物の量は記述のキャリア濃度を得るべく決定される。例えばn型SiC層(2)のキャリア濃度 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ を得るには、Si、N<sub>2</sub>を $1.3 \times 10^{-3} \sim 3.0 \times 10^{-3} \text{ wt. \%}$ 、Alを0.2~12.0at. %夫々添加すればよい。またp型SiC層(3)のキャリア濃度 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ を得るには、Alを0.45~20.0at. %添加すればよい。

各層を成長した後、n型SiC基板(1)の他主面を研磨して、積層基板全体の厚さを50~100μm

にする。

第2図(c)は第3工程を示し、p型SiC層(3)上に膜厚300Å以上、例えば膜厚500ÅのTi膜、膜厚5000ÅのAl膜、膜厚4000ÅのTi膜をこの順に真空蒸着してp型オーミック電極(4)を形成し、n型SiC基板(1)の他主面(1b)上に膜厚3000ÅのNi膜、膜厚5000ÅのPd膜をこの順に真空蒸着してn型オーミック電極(5)を形成する。ここで、p型オーミック電極(4)は断る積層基板を将来素子毎に分離した時(図中破線で示す)、素子の中心に $7 \times 10^{-6} \sim 7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ の面積を持って配されるよう、メタルマスクを用いて各素子のp型SiC層(3)表面に対して部分的に形成される。またn型オーミック電極(5)は素子の中心からずれるように配され、各素子のn型SiC基板(1)表面に対して部分的に形成される。

しかる後、断る積層基板に真空中又はAr、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、Heいずれかあるいはこれらの混合雰囲気中で900~1000℃の熱処理を施す。これにより、各オーミック電極はSiCとオーミック性を

-17-

—651—

-18-

得る。

第2図(d)は第4工程を示し、p型オーミック電極(4)上及びn型オーミック電極(5)上に、膜厚1000ÅのTi膜、膜厚2000ÅのPd膜、膜厚5000ÅのAu膜をこの順に真空蒸着して、ボンディング電極(6)(6)を夫々形成する。

しかる後、斯る積層基板に真空中又はAr、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>eのいずれかあるいはこれらの混合雰囲気中で300~500℃の熱処理を施す。

第2図(e)は第5工程を示し、斯る積層基板のn型SiC基板(1)側に、深さ20~70μmの素子分離用の溝(15)(15)…をダイシング形成する。この時、溝(15)(15)…は楔状に形成されるため、将来分離された各素子はp型SiC層(3)表面を底辺とし、n型SiC基板(1)を上辺とする略断面台形状となる。

第2図(f)は第6工程を示し、溝(15)(15)…が形成された積層基板を溝(15)(15)…に沿って機械的に分離し、各発光ダイオード素子(7)を得る。そして、各発光ダイオード素子(7)を有機洗浄し

た後、n型SiC基板(1)をソース側にして、Arスパッタリングにより、発光ダイオード素子(7)のn型SiC基板(1)側表面及び側面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>あるいはSiO<sub>2</sub>膜からなる保護膜(8)を被着する。

第2図(g)は最終工程を示し、発光ダイオード素子(7)のp型SiC層(3)側を第1ステム(10)に、銀ペースト(9)を介して載置し、これを130~170℃で熱処理する。次いでn型SiC基板(1)側のボンディング電極(6)と第2ステム(13)を金ワイヤ(12)でワイヤボンドする。この時、n型SiC基板(1)側のボンディング電極(6)上には、保護膜(8)が被着されているが、その膜厚が2000Å程度以下であれば金ワイヤ(12)はワイヤボンドによって保護膜(8)を突き破り、ボンディング電極(6)に接続される。また保護膜(8)の膜厚が厚く、ワイヤボンドによって突き破れない場合はワイヤボンド前に予め、ボンディング電極(6)上の保護膜(8)を機械的に除去してやればよい。最後に、発光ダイオード素子(7)及び第1、第2

-19-

ステム(10)、(13)の一部を図示していないエポキシ樹脂系の透明樹脂モールド(14)で覆うことによって第1図に示すSiC発光ダイオード装置が完成する。

以上の製造方法に従って、キャリア濃度が $8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ のn型SiC基板(1)を用い、その結晶成長面を(0001)面から $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方向に5°傾斜した面として、次に示す条件で各層を形成し、SiC発光ダイオード装置を製造した。

	n型SiC層(2)	p型SiC層(3)
膜厚	7 μm	7 μm
キャリア濃度 (各不純物を 単独に添加し た時のキャ リア濃度)	N: $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ Al: $7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ Al: $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$	$2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$
成長温度	1700℃	1700℃

また、p型オーミック電極(4)の面積は $4 \times 10^{-4} \text{cm}^2$ とした。

これにより製造されたSiC発光ダイオード装置の発光波長は482nmであり、発光強度は、駆動

電流が20mAのとき10~12mcdであった。

#### (ト) 発明の効果

本発明装置によれば、基板の結晶成長面に、(0001)面又は(0001)面から傾斜した面を用いることによって、結晶性に優れたn型SiC層が形成できるので、結晶性を損うことなく不純物を多く添加することができる。その結果、発光中心となるドナー・アクセプタ対が増加し発光強度が高くなる。さらに、n型オーミック電極及びp型オーミック電極を、各SiC表面に対して部分的に形成し、発光ダイオード素子を、p型SiC層表面を底辺とし、n型SiC基板表面を上辺とする略断面台形状とすると共にp型SiC層側でステムに固着することによって、効率良く外部に光を取り出すことができる。

以上より本発明装置では、駆動電流20mAにおける発光強度を10~12mcdと高くすることができ、さらにその光を緑色光の混じらない良質の青色光とすることができる。また、本発明によれば、通電エージングによる発光波長の長波長シフト

-21-

—652—

-22-

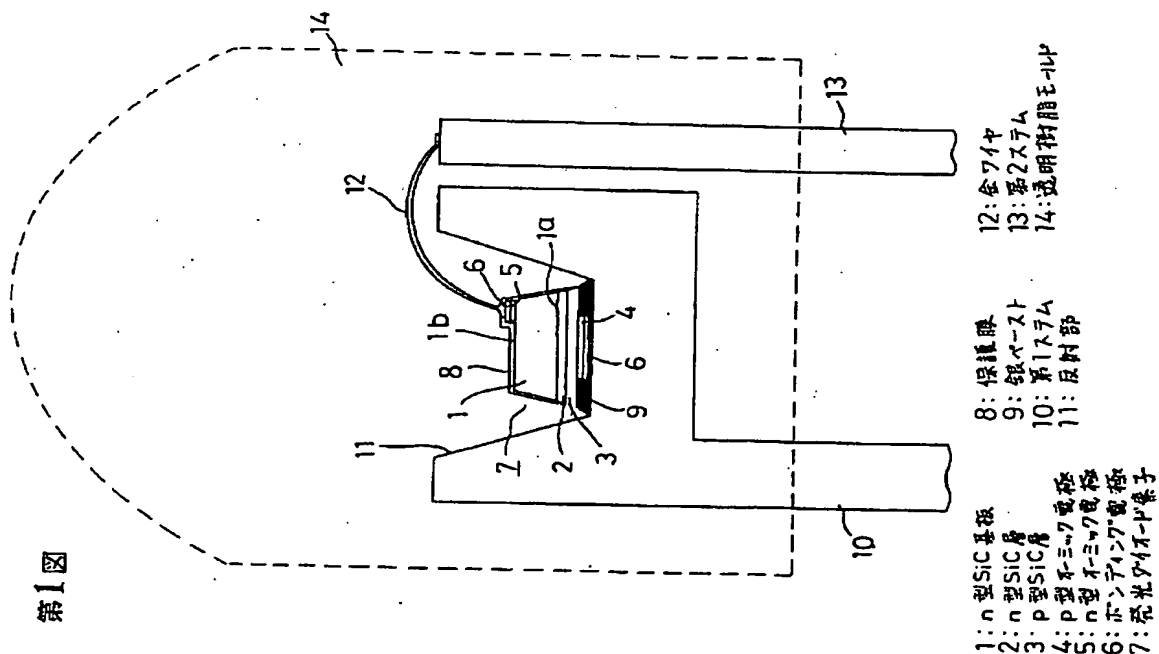
ト幅が小さく、且つ高輝度の青色光が得られる。

#### 4. 図面の簡単な説明

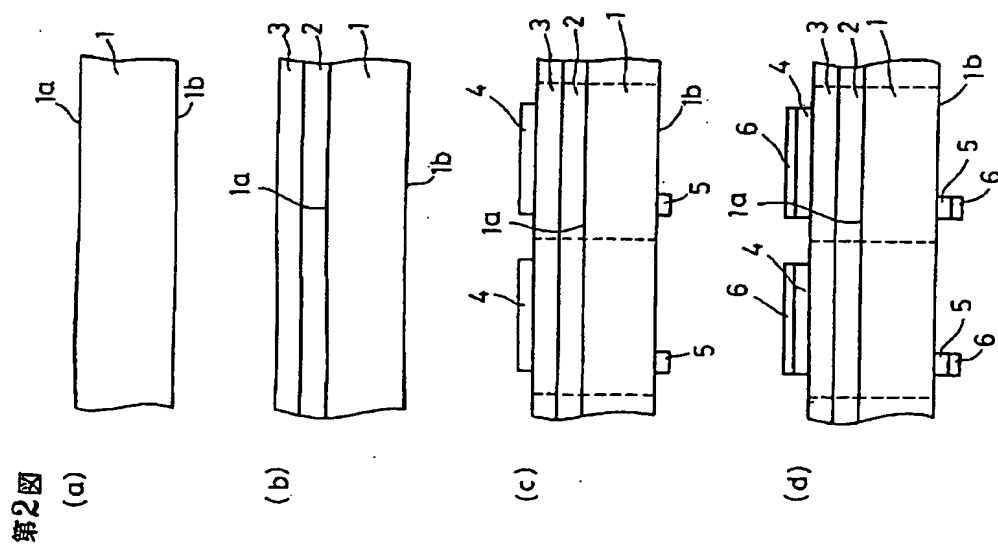
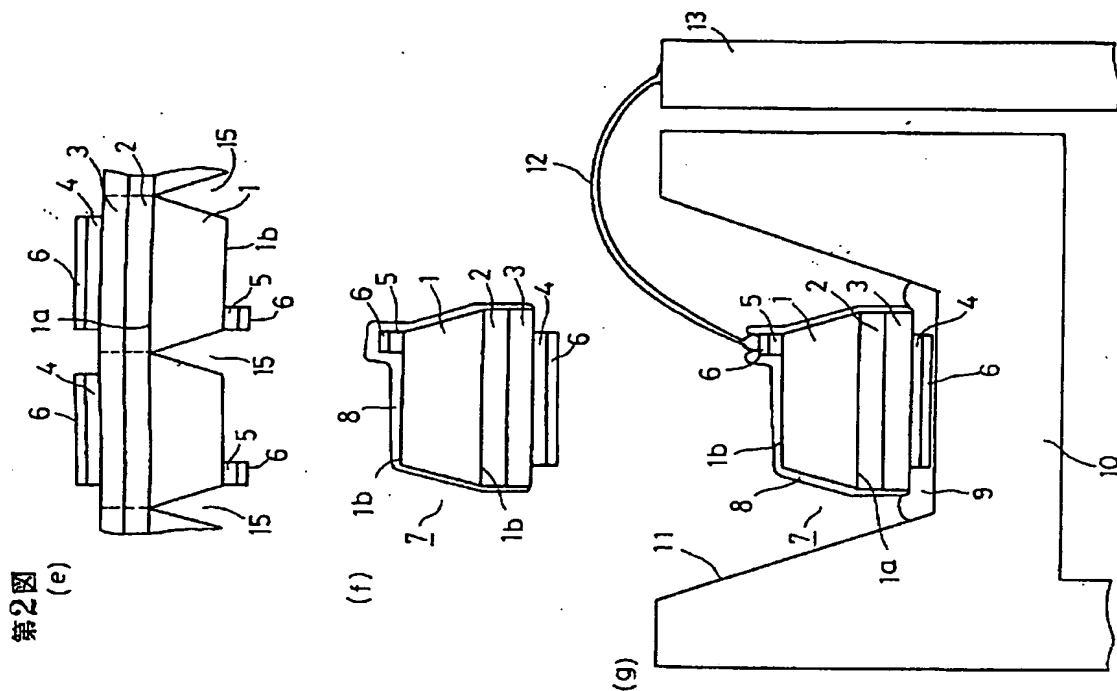
第1図は本発明装置の一実施例を示す断面図、第2図は本発明装置の製造方法の一例を示す工程別断面図、第3図は基板の傾斜角と発光ダイオード素子の通電エージング前後の発光波長を示す特性図、第4図は本発明装置の製造に用いた結晶成長装置の断面図である。

出願人 三洋電機株式会社  
代理人 弁理士 西野卓朗(外2名)

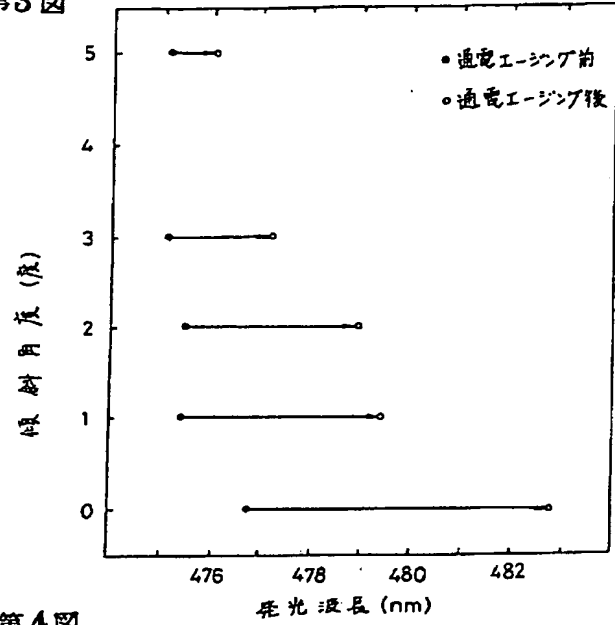
第1図



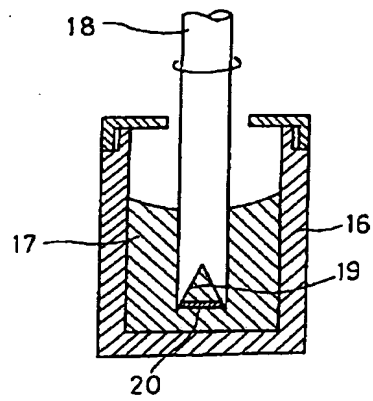




第3図



第4図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**